

①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑪ DE 3622268 C 1

⑤ Int. Cl. 4:
H 02 H 9/00
H 02 H 9/02
G 05 F 1/569

⑳ Aktenzeichen: P 36 22 268.2-32
㉑ Anmeldetag: 3. 7. 86
㉒ Offenlegungstag: —
㉓ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 11. 2. 88

Patentschrift

DE 3622268 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:
R. Stahl Schaltgeräte GmbH, 7118 Künzelsau, DE

⑦④ Vertreter:
Rüger, R., Dr.-Ing.; Barthelt, H., Dipl.-Ing., Pat.-Anw.,
7300 Esslingen

⑦⑤ Erfinder:
Bruch, Peter, Dipl.-Ing., 7112 Waldenburg, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:
DE-OS 35 23 369
DD 1 45 357
DD 1 31 597

⑤④ Sicherheitsbarriere

Eine elektrische Sicherheitsbarriere zum Schutz von in explosionsgefährdeten Bereichen befindlichen Verbrauchern und/oder Meßwertgebern, die über Leitungen mit außerhalb der explosionsgefährdeten Bereiche befindlichen Schaltungsteilen verbunden sind, enthält einen zwei Anschlüsse aufweisenden Barriereneingang sowie einen zwei Anschlüsse aufweisenden Barrierenausgang. In wenigstens einer Verbindung zwischen dem Barriereneingang und dem Barrierenausgang liegt ein elektronisches Längssteuerglied mit einem Steuereingang sowie in Serie mit dem Längssteuerglied ein Strommeßglied, das eine dem Strom entsprechende Ausgangsspannung abgibt. Ein Steuerkreis mit einem Steuereingang steuert den Leitzustand des Längssteuergliedes und erhält hierzu die Ausgangsspannung des Strommeßgliedes.

Um eine steilere Begrenzungscharakteristik zu erhalten, ist die Steuerspannung für den Steuerkreis die Summe zumindest eines Teils der Ausgangsspannung des Strommeßgliedes und zumindest eines Teils einer dem Spannungsabfall im Längssteuerglied entsprechenden Spannung.

DE 3622268 C 1

Patentansprüche

1. Elektrische Sicherheitsbarriere zum Schutz von in explosionsgefährdeten Bereichen befindlichen Verbrauchern und/oder Meßwertgebern, die über Leitungen mit außerhalb der explosionsgefährdeten Bereiche befindlichen Schaltungsteilen verbunden sind, mit einem zwei Anschlüsse aufweisenden Barriereneingang, einem zwei Anschlüsse aufweisenden Barrierenausgang, wenigstens einem in einer Verbindung zwischen dem Barriereneingang und dem -ausgang liegenden elektronischen Längssteuerglied mit einem Steuereingang, einem in Serie mit dem Längssteuerglied geschalteten Strommeßglied, das eine den Strom durch das Längssteuerglied entsprechende Ausgangsspannung abgibt, sowie mit wenigstens einem einen Steuereingang aufweisenden Steuerkreis, dessen Stromversorgungseingang an dem dem Barriereingang zugekehrten Anschluß des Längssteuergliedes liegt, dessen Steuerausgang mit dem Steuereingang des Längssteuergliedes verbunden ist und dem als Steuerspannung wenigstens ein Teil der Ausgangsspannung des Strommeßgliedes sowie wenigstens ein Teil der an dem Längssteuerglied abfallenden Spannung zugeführt wird, dadurch gekennzeichnet, daß zu dem ersten Längssteuerglied (11a) ein zweites Längssteuerglied (11c) in Serie geschaltet ist, daß zusätzlich zu dem ersten Steuerkreis (19a) drei weitere gleich aufgebaute Steuerkreise (19b, 19c, 19d) vorgesehen sind, deren Steuereingänge (22a bis 22d) als Steuerspannung die Summe zumindest eines Teils der Ausgangsspannung des lediglich einen Strommeßgliedes (15) sowie zumindest eines Teils einer der Summe der Spannungsabfälle an den Längssteuergliedern (11a, 11c) entsprechenden Spannung zugeführt wird, und daß die Steuerausgänge (18a, 18c) von je zwei Steuerkreisen (19a, 19b bzw. 19c, 19d) mit dem Steuereingang (17a, 17c) von einem zugehörigen Längssteuerglied (11a, 11c) verbunden sind.
2. Sicherheitsbarriere nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jedem Steuereingang (22a bis 22d) der Steuerkreise (19a bis 19d) ein Widerstandsnetzwerk (35a bis 35d, 36a bis 36d) zugeordnet ist.
3. Sicherheitsbarriere nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß jedes Widerstandsnetzwerk lediglich zwei in Serie geschaltete ohmsche Widerstände (35a bis 35d, 36a bis 36d) enthält, von denen der erste (35a bis 35d) mit dem dem Barriereneingang (4) zugekehrten Anschluß des dem Barriereneingang (4) benachbarten Längssteuergliedes (11a) verbunden ist, und daß die Verbindungsstelle zwischen dem ersten und dem zweiten ohmschen Widerstand (35a bis 35d, 36a bis 36d) an dem Steuereingang (22a bis 22d) des zugehörigen Steuerkreises (19a bis 19d) angeschlossen ist.
4. Sicherheitsbarriere nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Widerstand (36a bis 36d) mit dem dem Barrierenausgang (7) zugekehrten Anschluß (16) des Strommeßgliedes (15) verbunden ist.
5. Sicherheitsbarriere nach Anspruch 3, dadurch

gekennzeichnet, daß der zweite Widerstand (36a bis 36d) mit dem dem Barrierenausgang (7) zugekehrten Anschluß (13, 13c) des dem Barrierenausgang (7) benachbarten Längssteuergliedes (11c) verbunden ist.

6. Sicherheitsbarriere nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Widerstand (36a bis 36d) groß gegenüber dem ersten Widerstand (35a bis 35d) ist.

7. Sicherheitsbarriere nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Strommeßglied ein ohmscher Widerstand (15) ist.

8. Sicherheitsbarriere nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Steuerkreis (19a bis 19d) als aktives Element (33a bis 33d) einen selbstsperrenden MOS-Fet, einen bipolaren Transistor oder einen Thyristor enthält, deren Gate- oder Basis-elektrode den Steuereingang (22a bis 22d) bildet, deren Drain-, Emitter- oder Kathodenelektrode mit dem Barrierenausgang (4) verbunden ist und deren Source-, Kollektor- oder Anodenelektrode an einen Widerstand (34a, 34c) angeschlossen ist, der zwischen dem Stromversorgungseingang (21) und dem Steuereingang (18a, 18c) des Steuerkreises (19a bis 19d) liegt.

9. Sicherheitsbarriere nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jedes Längssteuerglied (11a, 11c) ein bipolarer Transistor oder ein selbstsperrender MOS-Fet ist.

10. Sicherheitsbarriere nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das oder die Längssteuerglieder (11a, 11c) von einem ohmschen Widerstand (38) überbrückt ist bzw. sind.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine elektrische Sicherheitsbarriere mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruches 1 zum Schutz von in explosionsgefährdeten Bereichen befindlichen Verbrauchern und/oder Meßwertgebern, die über Leitungen mit außerhalb der explosionsgefährdeten Bereiche befindlichen Schaltungsteilen verbunden sind (DD-PS 1 45 352).

Eine gattungsgemäße Schaltungsanordnung zur Strombegrenzung ist aus der DD-PS 1 45 352 bekannt, die als Längssteuerglied lediglich einen einzigen bipolaren Transistor enthält, um den Strom, der einem Verbraucher zugeführt wird, auf zulässige Werte zu begrenzen. Zu diesem Zweck wird der Transistor im Längszweig durch einen Widerstand, der zwischen Kollektor und Basis geschaltet ist, normalerweise im aufgesteuerten Zustand gehalten. Mit Hilfe eines zweiten Regeltransistors kann der durch den Widerstand fließende Strom von der Basis des Längstransistors abgeleitet werden, um den Längstransistor mehr oder weniger in den Sperrzustand zu steuern.

Die Steuerspannung für den Regeltransistor bildet der Spannungsabfall an einem im Emitterkreis des Längstransistors liegenden Widerstand zusammen mit dem Spannungsabfall, der an dem mehr oder weniger gesperrten Längstransistor abfällt.

Dadurch, daß die Steuerspannung für den Regeltransistor nicht nur der Spannungsabfall am Emitterwiderstand ist, sondern zusätzlich die am Längstransistor abfallende Spannung, entsteht eine Rück- oder Mitkopplungswirkung, die dafür sorgt, die Begrenzungscharakteristik der Strombegrenzungsschaltung zu versteilern oder sogar rückläufig zu gestalten.

Allerdings führt bei der bekannten Strombegrenzungsschaltung bereits der Ausfall eines einzigen Bauteils zum Funktionsverlust. Je nach auftretendem Fehler kann der Funktionsverlust entweder darin bestehen, daß der Ausgang der Strombegrenzungsschaltung von ihrem Eingang quasi abgeschaltet wird oder Ein- und Ausgang unmittelbar miteinander durchverbunden werden, so daß die Spannung am Ausgang der Begrenzungsschaltung beliebig der Spannung am Eingang folgt. Der letztgenannte Fehler ist besonders gefährlich, wenn die Schaltung in einer Sicherheitsbarriere verwendet wird, um einen eigensicheren Stromkreis nach DIN EN 50020 abzusichern.

Der letztgenannte Fehlerfall läßt sich zwar dadurch umgehen, daß zwei der bekannten Strombegrenzungsschaltungen hintereinander angeordnet werden, doch erhöht sich dann der Innenwiderstand der hintereinander angeordneten Schaltungen auch beim Betrieb unterhalb der Begrenzungskennlinie, was bei einer Sicherheitsbarriere den Normalfall darstellt.

Ausgehend hiervon ist es Aufgabe der Erfindung, eine Sicherheitsbarriere mit steiler Begrenzungskennlinie zu schaffen, die im Normalbetriebsfall einen geringen Innenwiderstand aufweist und fehlertolerant ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine elektrische Sicherheitsbarriere mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Die neue Sicherheitsbarriere ist infolge ihres Aufbaus sogar gegenüber von Doppelfehlern tolerant, sofern die Fehler Bauelemente unterschiedlicher Funktionen betreffen. Die Sicherheitsbarriere erfüllt die Normen ANSI/UL 4913 für die USA und Kanada, UL 913 bzw. FM 3610 für die USA und den CSA-Standard C 222 No. 157-M 1979 für Kanada. Da darüber hinaus sämtliche Steuerkreise ihre Steuerspannung von demselben Längswiderstand ableiten, erhöht die Verbesserung der Fehlertoleranz nicht den Innenwiderstand der Sicherheitsbarriere.

Die Kennlinie der Sicherheitsbarriere läßt sich sehr einfach dadurch festlegen, daß jedem Steuereingang der Steuerkreise ein Widerstandsnetzwerk zugeordnet ist. Die Verwendung des Widerstandsnetzwerkes hat dabei außerdem den Vorteil, daß die einzelnen Steuerkreise eingangsseitig voneinander entkoppelt werden, so daß selbst bei Kurzschluß in einem der Steuerkreise die Ansteuerung des zugehörigen Längssteuergliedes im Sinne der gewünschten Strombegrenzung durch die anderen Steuerkreise gewährleistet bleibt.

Das Widerstandsnetzwerk braucht lediglich zwei in Serie geschaltete ohmsche Widerstände zu enthalten, von denen der erste mit dem dem Barriereingang zugekehrten Anschluß des dem Barriereingang benachbarten Längssteuergliedes verbunden ist, während die Verbindungsstelle zwischen dem ersten und dem zweiten ohmschen Widerstand an den Steuereingang des zugehörigen Steuerkreises angeschlossen ist. Das freie Ende des zweiten Widerstandes kann entweder mit dem Barriereausgang oder mit dem dem Barriereausgang zugekehrten Anschluß des dem Barriereausgang benachbarten Längssteuergliedes verbunden sein. Im ersteren Falle läßt sich die am stärksten rückläufige Kennlinie erreichen, insbesondere wenn der zweite Widerstand groß gegenüber dem ersten Widerstand ist. Die Schaltung kippt dann nach Einsatz der Begrenzung in den anderen Betriebszustand um, wobei die Schaltgeschwindigkeit nur von den begrenzenden Kapazitäten des Steuerkreises oder der Miller-Kapazität des Längssteuergliedes begrenzt wird. Jeder der Steuerkreise

kann als aktives Element einen selbstsperrenden MOS-Fet, einen bipolaren Transistor oder einen Thyristor enthalten, deren Gate- oder Basiselektrode den Steuereingang bildet, deren Drain-, Emitter- oder Kathodenelektrode mit dem Barriereausgang verbunden ist und deren Source-, Kollektor- oder Anodenelektrode an einen Widerstand angeschlossen ist, der zwischen dem Stromversorgungseingang und dem Steuerausgang des Steuerkreises liegt.

Als Längssteuerglied kommen sowohl ein bipolarer Transistor als auch ein selbstsperrender MOS-Fet in Frage.

Um die Verlustleistung an dem Längssteuerglied möglichst klein zu halten, kann es durch einen ohmschen Widerstand überbrückt sein, der so einen Teil des Barrierenstromes übernimmt.

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel des Gegenstandes der Erfindung dargestellt. Es zeigt

Fig. 1 eine Sicherheitsbarriere gemäß der Erfindung in einem Blockschaltbild,

Fig. 2 die Ausgangskennlinie der Sicherheitsbarriere nach Fig. 1,

Fig. 3 ein Detailschaltbild der Grundschialtung der Sicherheitsbarriere nach Fig. 1 und

Fig. 4 das Detailschaltbild der fehlertoleranten Sicherheitsbarriere gemäß der Erfindung.

In Fig. 1 ist eine Sicherheitsbarriere 1 im Blockschaltbild dargestellt. Diese Sicherheitsbarriere dient dazu, Strom und Spannung auf ihrer eigensicheren Ausgangsseite auf einen Wert zu begrenzen, von dem keine Explosionsgefährdung ausgeht. Die Sicherheitsbarriere liegt deshalb in Stromkreisen, die in einen explosionsgefährdeten Bereich hineinführen; sie hat zum Anschluß der Leitungen dieser Stromkreise einen zwei Anschlüsse 2 und 3 aufweisenden Eingang 4 sowie einen ebenfalls zwei Anschlüsse 5 und 6 aufweisenden Ausgang 7, von dem die Leitungen in den explosionsgefährdeten Bereich führen. Die Anschlüsse 3 und 6 sind unmittelbar durchverbunden und ihre Verbindung stellt das Bezugspotential der Sicherheitsbarriere 1 bzw. die Schaltungsmasse, die geerdet ist, dar.

Parallel zu dem Eingang 4 liegt die Serienschaltung aus einer Schmelzsicherung 8 sowie einer Z-Diode 9, durch die die Spannung an dem Ausgang 7 auf den der Durchbruchspannung der Z-Diode 9 entsprechenden Maximalwert begrenzt ist. Größere Eingangsspannungen führen zu einem Durchschmelzen der Sicherung 8 und damit zu einer Unterbrechung in der Sicherheitsbarriere.

Die Strombegrenzung geschieht mit einem Längssteuerglied 11, dessen eine Elektrode 12 an der Verbindungsstelle zwischen der Schmelzsicherung 8 und der Z-Diode 9 liegt und dessen Ausgangselektrode 13 mit einem Eingang 14 eines Strommeßgliedes 15 verbunden ist, dessen Ausgang 16 unmittelbar zu dem Ausgangsanschluß 5 führt. Das Längssteuerglied 11 ist an seinem Eingang 17 steuerbar und liegt deswegen an einem Steuerausgang 18 eines Steuerkreises 19. Die Stromversorgung des Steuerkreises 19 erfolgt über dessen Stromversorgungseingang 21, der ebenfalls mit der Verbindungsstelle zwischen der Schmelzsicherung 8 und der Z-Diode 9 verbunden ist. Sein Eingangs- oder Steuersignal erhält der Steuerkreis 19 über seine beiden Anschlüsse 22 und 23, von denen der Anschluß 23 unmittelbar mit dem Ausgangsanschluß 5 verbunden ist, während der Anschluß 22 eine Summenspannung gegenüber dem Anschluß 23 erhält, die sich zusammensetzt aus zumindest einem Teil der Längsspannung bzw. des

Spannungsabfalls an dem Längssteuerglied 11 sowie der Ausgangsspannung des Strommeßgliedes 15, das eine zu dem durch sie hindurchfließenden Strom proportionale Spannung an seinem Ausgang 24 gegenüber dem Anschluß 16 und damit dem Ausgangsanschluß 5 bzw. dem Eingangsanschluß 23 abgibt. Die Summation der genannten Spannungen ist schematisch durch eine geschweifte Klammer 25 veranschaulicht.

Das Einspeisen des an dem Längssteuerglied entstehenden Spannungsabfalls in den Steuerkreis 19 geschieht über Leitungen 26 und 27, von denen eine mit der Eingangsselektrode 12 und die andere mit der Ausgangselektrode 13 verbunden ist.

Die Arbeitsweise der beschriebenen Sicherheitsbarriere 1 ist nunmehr unter Hinzunahme des Ausgangsdiagramms aus Fig. 2 erläutert: Im normalen Betriebsfall wird an dem Ausgang 7 der Sicherheitsbarriere ein Strom abgenommen, der kleiner ist als ein Grenzwert I_G und es wird an dem Eingang 4 der Sicherheitsbarriere 1 eine Versorgungsspannung zur Verfügung gestellt, die kleiner ist als die Durchbruchspannung der Z-Diode 9, die in Fig. 2 mit U_Z bezeichnet ist. Unter diesen Betriebsbedingungen wird der Steuerkreis 19 an seinem Stromversorgungseingang 21 aus der den dem Eingang der Barriere 4 angeschlossenen Spannungsquelle mit Strom versorgt und gibt an seinem Steuerausgang 18 eine solche Signalspannung an den Steuereingang 17 des Längssteuergliedes 11 ab, die das Längssteuerglied 11 im leitenden Zustand hält, in dem eine geringe Längsspannung an dem Längssteuerglied 11 auftritt. Die Spannung zwischen den Leitungen 26 und 27 ist nahezu null.

Da der aus der Sicherheitsbarriere 1 fließende Strom kleiner ist als der Grenzstrom, erzeugt das Strommeßglied 15 an seinem Ausgang 24 gegenüber dem Anschluß 16 auch nur eine Spannung, die so bemessen ist, daß sie zusammen mit der Spannung zwischen den Anschlüssen 26 und 27 unter einem vorgegebenen Schwellwert bleibt, d. h. die Spannung zwischen den Anschlüssen 22 und 23 des Steuerkreises 19 liegt unterhalb derjenigen Schwelle, über der die Steuerkreise 19 das Längssteuerglied zuzusteuern beginnt. Die Sicherheitsbarriere 1 beeinflußt deswegen praktisch nicht den durch sie hindurchfließenden Strom und die an dem Eingang 4 zu messende Impedanz entspricht weitgehend der Impedanz, die an dem Ausgang 7 angeschlossen ist. Dies entspricht einem Betriebsfall innerhalb des durch die Eckpunkte U_Z und I_G festgelegten Rechtecks in dem Koordinatensystem nach Fig. 2, in dem auf der Abszisse der Ausgangsstrom und der Ordinate die Ausgangsspannung aufgezeichnet ist.

Tritt ein Fehlerfall auf, der zu einem Ansteigen der Spannung an dem Eingang 4 führt, beginnt die Z-Diode 9 leitend zu werden, wenn ihre Z-Spannung überschritten wird. Das sehr steile Leitendwerden der Z-Diode 9 führt zu einem zusätzlichen Stromanstieg durch die Schmelzsicherung 8, die schließlich bei weiteren Anstieg der Eingangsspannung durchbrennt und damit den Ausgang 7 spannungslos schaltet.

Wenn andererseits der Ausgang 7 der Sicherheitsbarriere 1 zunehmend stärker belastet wird und den Grenzwert I_G überschreitet, erzeugt das Strommeßglied 15 zwischen den Anschlüssen 24 und 16 eine Ausgangsspannung, so daß die Summe aus dieser Spannung zusätzlich der zunächst verschwindend kleinen Längsspannung an dem Längssteuerglied 11 die Schaltschwelle des Steuerkreises 19 übersteigt. Durch das Übersteigen dieser vorgegebenen Schaltschwelle entsteht an

dem Steuerausgang 18 eine Spannung, die das Längssteuerglied 11 zusteuert, weshalb nunmehr an dem Längssteuerglied 11 ein entsprechender Spannungsabfall auftritt, der die Steuerspannung für den Steuerkreis 19, nämlich die Spannung zwischen den beiden Anschlüssen 22 und 23 betragsmäßig weiter vergrößert. Diese Verzögerung der Steuerspannung hat eine weitere Verringerung der Steuerspannung oder das Steuerstromes zu bzw. aus dem Längssteuerglied 11 zur Folge, das daraufhin weiter in Richtung auf den Sperrzustand gesteuert wird. Je nach der Schleifenverstärkung in dem Regelkreis, der von dem Längssteuerglied 11, dem Strommeßglied 15 und dem Steuerkreis 19 gebildet ist, geht die Spannung an dem Ausgang 7 bei Überschreiten des Stromgrenzwertes I_G mehr oder weniger steil zurück. Entsprechend der Dimensionierung kann eine angenähert rechteckige Ausgangskennlinie erzielt werden, wie sie durch eine Gerade 28 dargestellt ist, d. h. bereits nach einem sehr geringen Überschreiten des Grenzwertes I_G geht die Ausgangsspannung U_A auf den durch I_G und die am Ausgang 7 angeschlossene Last bestimmten Wert zurück, was bedeutet, daß sie bei Unterschreiten von I_G umgehend wieder auf den entsprechenden Ausgangswert zurückgeht.

Bei einer anderen Dimensionierung wird eine sog. "fold-back"-Kennlinie erreicht, wie sie durch eine Gerade 29 angedeutet ist. Eine Sicherheitsbarriere mit dieser Kennlinie würde den Strom durch die an dem Ausgang 7 angeschlossene Last nach Überschreiten des Grenzwertes I_G schlagartig auf einen Wert I_M verringern. Im vorher genannten Fall würde dagegen der Ausgangsstrom unabhängig von der Ausgangsspannung immer seinen maximal zulässigen Wert I_G beibehalten. Die "fold-back"-Kennlinie hat dagegen den Vorteil, im Störfall, d. h. nach Überschreiten des Grenzwertes I_G , auch den Strom durch die Sicherheitsbarriere 1 zu verringern und damit die in dem Längssteuerglied 11 umgesetzte Verlustleistung zu verkleinern.

Außerdem sind Dimensionierungen möglich, bei denen eine "fold-back"-Kennlinie auftritt, wobei jedoch nur eine der Belastung entsprechende Spannung bzw. Strom auftritt, die vom Minimalwert verschieden sind.

Diese Kennlinienformen gemäß der Kurve 28 oder der Kurve 29 entstehen dadurch, daß zusätzlich zu der aus dem Strommeßglied 15 erhaltenen Steuerspannung die Längsspannung des Längssteuergliedes 11 hinzuaddiert wird, sobald einmal das Längssteuerglied 11 durch den von dem Strommeßglied 15 ausgelösten Steuerkreis 19 aus der Durchlaßstellung in Richtung auf die Sperrstellung, gesteuert wird. Die Längsspannung des Längssteuergliedes 11, d. h. die Spannung zwischen den Anschlüssen 12 und 13 ist eine Rückkopplungsspannung, die die Wirkung der Ausgangsspannung aus dem Strommeßglied 15 verstärkt. Ohne diese zusätzliche Rückführung oder Rückkopplung könnte sich wegen der endlichen Verstärkung in dem Steuerkreis 19 nur eine sehr viel flachere Begrenzungskennlinie einstellen, etwa gemäß einer in Fig. 2 gestrichelten Geraden 31.

Das Detailschaltbild einer Ausführungsform der Sicherheitsbarriere nach Fig. 1 ist in Fig. 3 gezeigt. Die einander entsprechenden Bauelemente und Anschlußpunkte sind mit denselben Bezugszeichen versehen.

Aus Gründen einer größeren Fehlerredundanz und besseren Verlustleistungsverteilung ist die Z-Diode 9 gemäß Fig. 1 in der praktischen Ausführungsform durch die Serienparallelschaltung von insgesamt vier Z-Dioden 9a bis 9d verwirklicht, so daß bei einer Leitungsunterbrechung in einer der vier Z-Dioden 9a bis 9d immer noch

der andere Parallelzweig 9a, 9c oder 9b, 9d spannungsbegrenzend wirkt.

Zu der Schmelzsicherung 8 ist noch ein weiterer Schutzwiderstand 32 in Serie geschaltet, damit der Kurzschlußstrom auf einen Wert begrenzt wird, den die Schmelzsicherung 8 noch sicher trennen kann.

Das Längssteuerglied 11 besteht aus einem bipolaren npn-Transistor, dessen Kollektor den Eingangsanschluß 12 und dessen Emitter den Ausgangsanschluß 13 darstellt.

Das Strommeßglied 15, das mit dem Längssteuerglied, nämlich dem Transistor 11 in Serie liegt, ist ein einfacher ohmscher Widerstand, bei dem der Spannungsabfall dem Strom durch den Widerstand proportional ist, d. h. seine beiden Anschlüsse 14 und 16, über die der Barrierenstrom fließt, sind auch gleichzeitig diejenigen Anschlüsse, über die die Ausgangsspannung zum Steuern des Steuerkreises 19 abgenommen wird.

Der Steuerkreis 19 besteht aus einem in Emitterschaltung betriebenen bipolaren Transistor 33 desselben Leitungstyps wie der Transistor 11, wobei der Emitter des Transistors 33 den Eingangsanschluß 23 und die Basis den weiteren Steuereingang 22 darstellen, d. h. der Transistor 33 des Steuerkreises 19 wird unmittelbar über die Basis-Emitter-Strecke des Transistors 33 gesteuert. Der Kollektor des Transistors 33 liegt an einem Widerstand 34, wobei die Verbindungsstelle zwischen dem Widerstand 34 und dem Kollektor des Transistors 33 den Steuerausgang 18 des Steuerkreises 19 bildet, der mit der Basis, nämlich dem Steuereingang 17 des Transistors 11 verbunden ist. Das freie Ende des Widerstandes 34 ist der Stromversorgungseingang des Steuerkreises 19 und liegt deswegen an dem Kollektor des Transistors 11.

Die Summation der Ausgangsspannung des Strommeßgliedes 15 mit der Längsspannung an dem Transistor 11 geschieht mit Hilfe eines entsprechend geschalteten Spannungsteilers aus den beiden Widerständen 35 und 36. Der Spannungsteiler aus den Widerständen 35 und 36 liegt zwischen den beiden Leitungen 26 und 27, d. h. parallel zu der Arbeitsstrecke des Transistor 11, während die Verbindungsstelle zwischen den beiden Widerständen 35 und 36 an die Basis des Transistors 33 angeklemmt ist. Die Basis des Transistors 33 erhält hierdurch eine Steuerspannung, die sich zusammensetzt aus dem Spannungsabfall an dem Widerstand 15 zuzüglich der entsprechend dem Spannungsteilverhältnis der Widerstände 35 und 36 heruntergeteilten Kollektor-Emitter-Spannung des Transistors 11, also der Längsspannung des Längssteuergliedes.

Anstatt den Widerstand 36, wie mit ausgezogenen Linien dargestellt, an den Emitter des Transistors 11 anzuschließen, kann der Widerstand auch, wie gestrichelt, durch einen Widerstand 36' veranschaulicht an den Emitter des Transistors 33 angeschlossen werden, was letztlich praktisch die gleiche Schaltungsfunktion zur Folge hat.

Dadurch, daß die Durchlaßspannung des Transistors 11 dem Spannungsabfall an dem Widerstand 15 bei der Erzeugung der Steuerspannung für den Transistor 33 überlagert ist, kann der Widerstand 15 kleiner dimensioniert werden: Die Durchlaßspannung eines nahe der Sättigung betriebenen Silizium-Transistors betrage ca. 0,4 V. Wenn der Spannungsteiler aus den beiden Widerständen 35 und 36 diese Spannung halbiert, steht an dem Widerstand 36 eine Spannung von 0,2 V an. Der Widerstand 15 braucht deswegen nur noch eine Größe aufzuweisen, die beim Grenzstrom I_G einen Spannungsabfall

von 0,4 V erzeugt, damit beim Erreichen des Grenzstromes I_G die 0,6 V zustandekommen, die notwendig sind, um den Transistor 33 in den leitenden Bereich zu steuern. Ohne die Aufschaltung der Längsspannung des Transistors 11 müßte der Widerstand 15 entsprechend größer sein.

Im übrigen arbeitet die Schaltung wie oben beschrieben. Während des Normalbetriebes, also unterhalb einer Ausgangsspannung kleiner als U_Z und eines Stromes kleiner als I_G ist der Spannungsabfall an dem Widerstand 15 zusammen mit dem Spannungsabfall an dem Widerstand 36 zu klein, um den Transistor 33 aufzusteuern, der deshalb im Sperrzustand bleibt. Infolge des gesperrten Transistor 33 kann der gesamte Strom, der über den Widerstand 34 fließt, in die Basis des Transistors 11 fließen und hält den Transistor 11 durchgesteuert, unabhängig von der Größe des Stroms an dem Ausgang 7 der Sicherheitsbarriere 1. Steigt dagegen der an dem Ausgang 7 abgenommene Strom über den Grenzwert, dann liegt die Summe der Spannungen an dem Widerstand 36 und dem Widerstand 15 über der Schwelle, bei der der Transistor 33 zu leiten beginnt, weshalb ein Teil des Stroms aus dem Widerstand 34 über den Transistor 33 zur Lastseite hin abgeleitet wird. Wenn die hierdurch an dem Schaltungspunkt 18 entstehende Stromverzweigung groß genug ist, wird der Transistor 11 zugesteuert, was eine Erhöhung des Spannungsabfalls an dem Widerstand 36 zur Folge hat, an dem, wie oben ausgeführt, eine der Längsspannung an dem Transistor 11 proportionale Spannung ansteht. Die an dem Widerstand 36 entstehende Spannungserhöhung infolge des Zusteuerns des Transistors 11 bewirkt eine weitere Aufsteuerung des Transistors 33, der damit weiter Strom aus dem Widerstand 34 übernimmt. Je nachdem, wie groß und wie klein das Spannungsteilverhältnis durch die Widerstände 35 und 36 ist, können Ausgangskennlinien erreicht werden, die zwischen den Kurven 31 und 29 von Fig. 2 liegen. Ein kleines Spannungsteilverhältnis, also eine starke Rückführung der Längsspannung des Transistors 11 an den Eingang des Transistors 33, hat die stark rückgefaltete Kennlinie 29 zur Folge, während ein großes Spannungsteilverhältnis die Kennlinie in Richtung der gestrichelten Geraden 31 verschiebt. Entsprechendes gilt für die Ausführungsform mit dem Widerstand 36' anstelle des Widerstandes 36.

Ein zwischen der Basis und dem Kollektor des Transistors 33 vorgesehener Kondensator 37 dient lediglich der Unterdrückung von Schwingneigungen und hat auf das statische Verhalten der Schaltung im übrigen keinen Einfluß.

Wenn es darauf ankommt, den thermisch empfindlichen Transistor 11, der im Längszweig der Sicherheitsbarriere 1 liegt, zu entlasten, kann er ohne weiteres, wie Fig. 3 zeigt, durch einen entsprechend großen Parallelwiderstand 38 überbrückt werden, der zwischen Emitter und Kollektor des Transistors 11 geschaltet ist. Allerdings darf er nur eine Größe aufweisen, bei der der maximale Kurzschlußstrom bei zulässiger maximaler Spannung an dem Eingang 4 den zulässigen Grenzwert nicht überschreitet. Die steile Kennlinie wird allerdings nur eingehalten, weil als Steuerspannung für den Transistor 33 zusätzlich die Längsspannung des Transistors 11 verwendet wird. Andernfalls könnte bei Erreichen des Grenzstromes keine genügend steile Begrenzungskennlinie erreicht werden.

In Fig. 4 ist eine bedingt fehlertolerante Sicherheitsbarriere 1 veranschaulicht, die die Normen ANSI/UL 4913 für USA und Kanada, UL 913 bzw. FM 3610

für USA und CSA-Standard C 222 No. 157-M1979 für Kanada erfüllt. Die Sicherheitsbarriere 1 besteht aus denselben Grundbauelementen bzw. Schaltkreisen wie die beiden Sicherheitsbarrieren nach den Fig. 1 und 3, ist jedoch hinsichtlich bestimmter Elemente doppelt bzw. vierfach ausgelegt. Die einander entsprechenden Bauteile sind mit derselben Bezugszahl versehen, die um einen Kleinbuchstaben ergänzt ist.

Um den Ausfall der Sicherheitsbarriere 1 auszuschließen, der dadurch entsteht, daß der Transistor im Längszweig, d. h. zwischen den beiden Anschlüssen 2 und 5 durchlegiert, sind in Serienschaltung zwei bipolare Transistoren 11a und 11c zwischen die beiden Anschlüsse 2 und 5 geschaltet. Selbst bei Durchlegieren eines der beiden Transistoren bleibt der andere steuerbar. Eine Unterbrechung dagegen hätte ohnehin den Ausfall zur sicheren Seite zur Folge.

Beide Transistoren werden über jeweils zwei ausgangsseitig parallelgeschaltete Steuerkreise 19a und 19b bzw. 19c und 19d an ihren Basen angesteuert, wobei die Arbeitswiderstände 34 von jeweils zwei Steuerkreisen zusammengefaßt sind, insonfern, als es nur einen Arbeitswiderstand 34a und einen Arbeitswiderstand 34c gibt, von denen der eine mit der Basis des Transistors 11a und der andere mit der Basis des Transistors 11c verbunden ist. Die Spannungsteiler aus den Widerständen 35 und 36 sind hingegen wiederum vierfach vorgesehen, wobei die Widerstände 35a bis 35d insgesamt mit ihren freien Enden am Kollektor des Transistors 11a, d. h. am eingangsseitigen Ende des dem Eingang 4 benachbarten Längssteuergliedes angeschlossen sind. Die freien Enden der anderen Widerstände 36a bis 36d liegen gemeinsam an der Verknüpfung zwischen dem als Strommeßfühler dienenden Widerstand 15 und dem Emitter des dem Ausgang 7 benachbarten Transistors 11c. Jeder der Spannungsteiler 35a, 36a bis 35d, 36d ist mit seinem Spannungsteilerabgriff an die Basis des jeweils zugehörigen Transistors 33a bis 33d angeschlossen, deren Emitter allesamt mit dem Anschluß 5 in Verbindung stehen.

Es werden auf diese Weise sämtliche Steuerkreise 19a bis 19d mit Steuerspannungen beaufschlagt, die die Summe aus dem Spannungsabfall an dem einzigen Strommeßwiderstand 15 und der entsprechend den Widerstandsverhältnissen der Widerstände 35 und 36 heruntergeteilten Längsspannung der beiden hintereinandergeschalteten Transistoren 11a und 11c ist. Dies bedeutet, daß für alle Steuerkreise 9a bis 9d lediglich ein Strommeßglied vorhanden ist, womit sich der Innenwiderstand der Sicherheitsbarriere 1 nach Fig. 4 durch die Erhöhung der Anzahl der Steuerkreise 19a bis 19d zur Erzielung der Fehlersicherheit im Normalbetrieb nicht erhöht.

Da jeweils zwei Steuerkreise 19a und 19b bzw. 19c und 19d einen der im Längszweig liegenden Transistoren 11a, 11c steuern, bleibt die Steuerung auch dann erhalten, wenn einer der Transistoren 33a oder 33b eine Unterbrechung erleidet. Entsprechendes gilt für das Paar von Transistoren 33c und 33d, von denen jeder für sich den Transistor 11c steuert. Auch der Kurzschluß eines der Transistoren 11a oder 11c als weiterer Fehler führt nicht zum Ausfall der Strombegrenzung.

Im Falle einer Stromüberlastung an dem Ausgang 7 beginnen die Steuerkreise 19a bis 19d, wie oben erläutert, ihre zugehörigen im Längszweig liegenden Transistoren 11a und 11c zuzusteuern, sobald der zusätzliche Spannungsabfall an dem Widerstand 15 dafür sorgt, daß die Steuerspannung an der Basis der Transistoren 33a

bis 33d den entsprechenden Schwellwert überschreitet.

Durch die Anordnung der Widerstände 34a und 34c wird der Transistor 11c im Sättigungszustand gehalten, was zu einer Verringerung des Innenwiderstandes führt.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

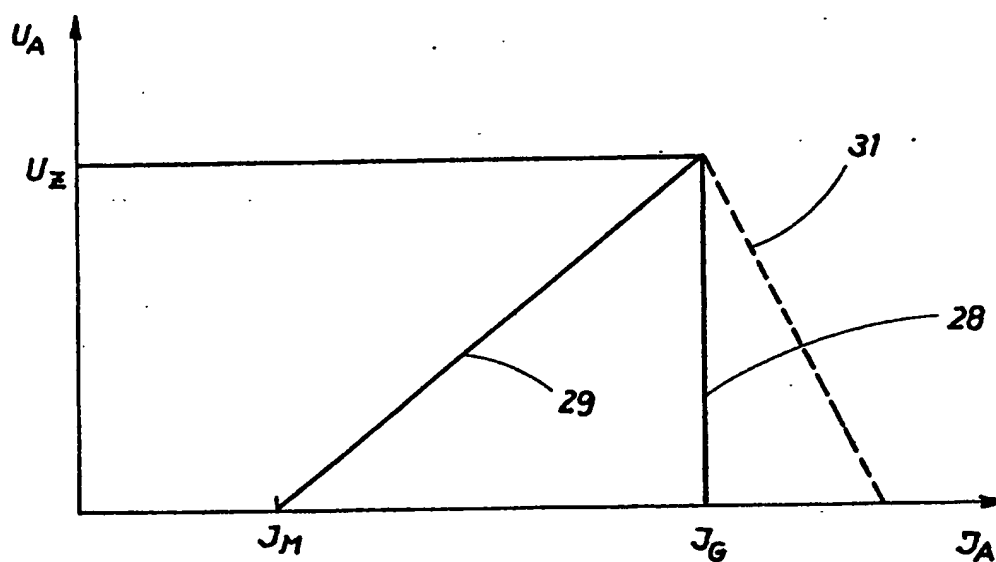


Fig. 2

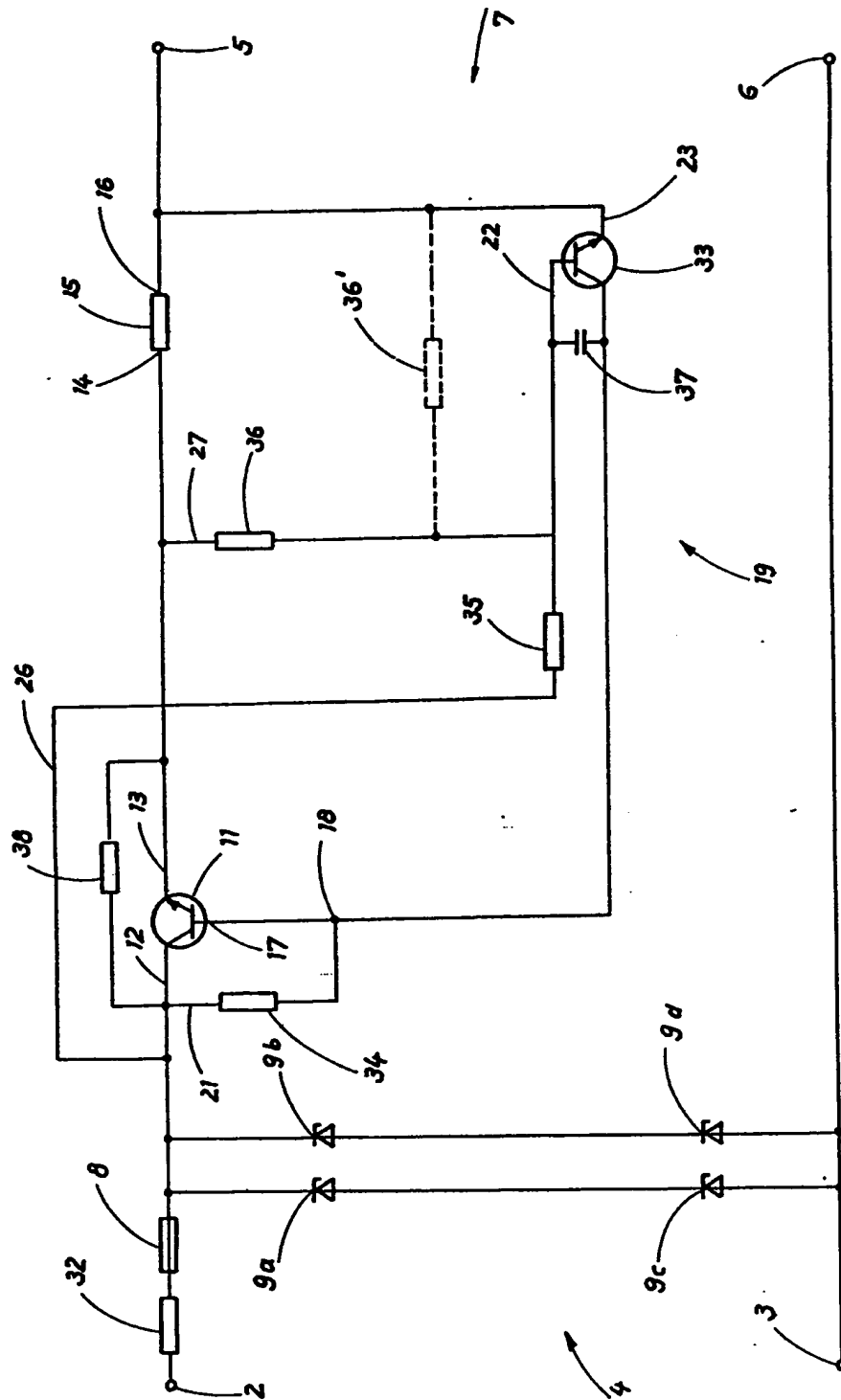


Fig. 3

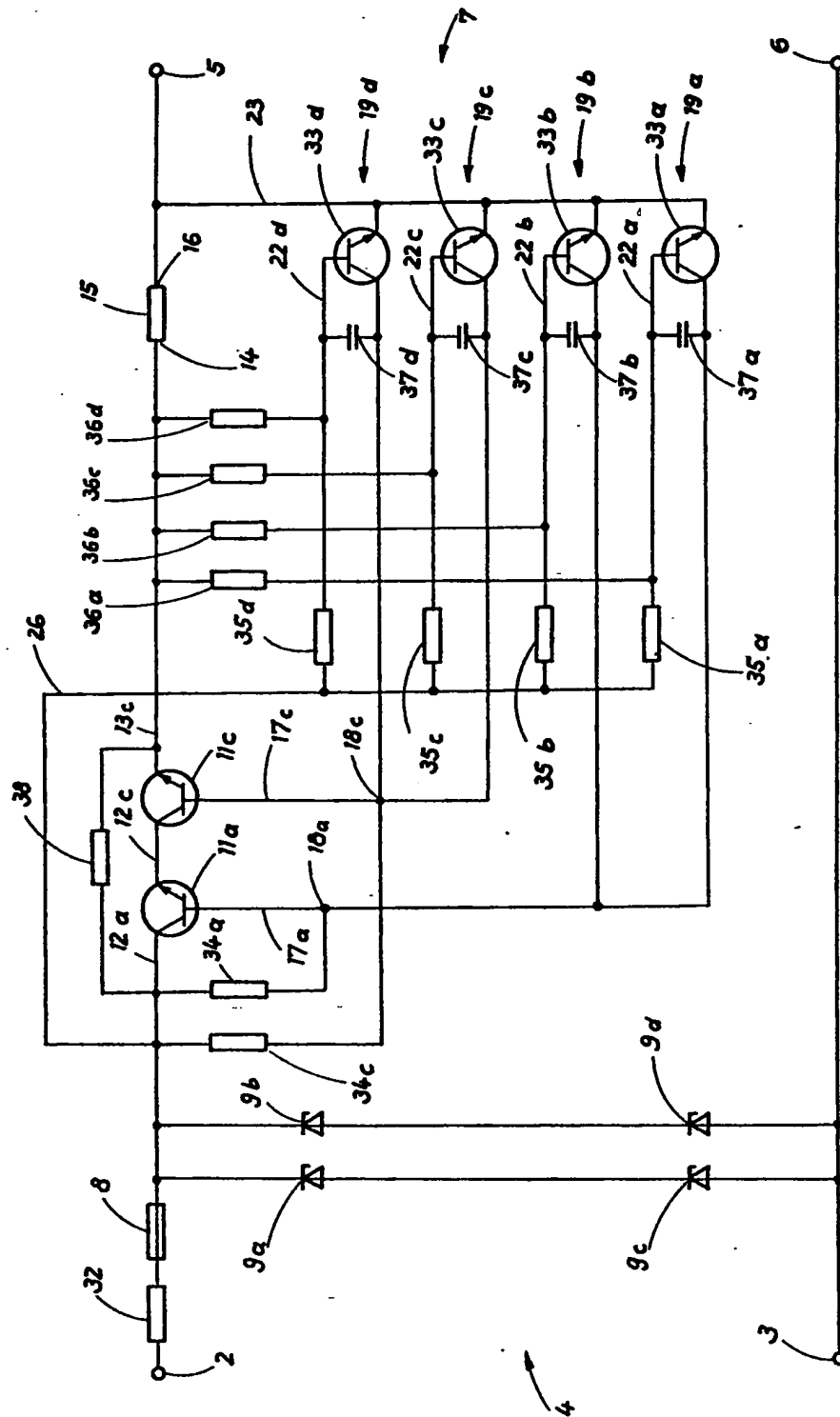


Fig. 4

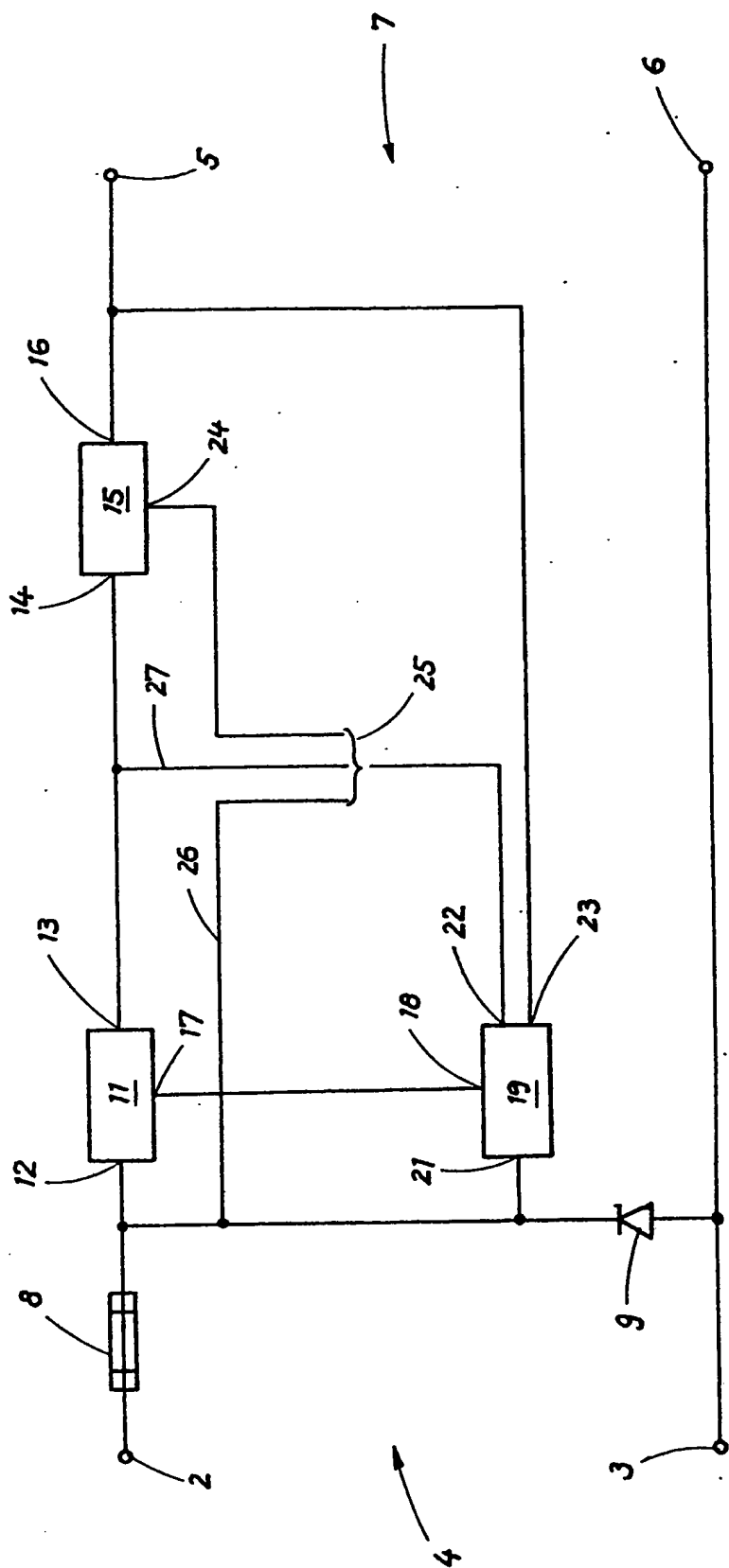


Fig. 1